

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIONES

**INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD
DE TITULACIÓN ESPECIAL**

TEMA:

**“Diseño de una red de planta externa FTTH con tecnología GPON para
la población de Barreiro Nuevo, de la ciudad de Babahoyo,
Provincia de Los Ríos”**

ANDREA KARINA CARRERA FLORES

Quito – Diciembre 2016

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	JUSTIFICACIÓN.....	1
3.	ANTECEDENTES.....	2
4.	OBJETIVO GENERAL	3
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
6.	MARCO TEÓRICO	3
6.1.	Fiber To The Home (FTTH).....	3
6.2.	Gigabit-Passive optical network GPON.....	4
6.3.	Arquitectura GPON	4
6.4.	RED ACTIVA:.....	5
6.4.1.	La OLT (Terminal de Línea Óptico).....	5
6.4.2.	La ONT (Terminal Óptico de Red).....	6
6.5.	RED PASIVA.....	7
6.5.1.	Feeder.....	7
6.5.2.	Red de distribución.....	8
6.5.3.	Red de dispersión	10
7.	DESARROLLO DEL CASO DE ESTUDIO	11
7.1.	Estudio de la demanda.....	11
7.2.	Zona geográfica del diseño:	13
7.3.	Red De Feeder.....	13
7.3.1.	Cable de feeder.....	13
7.3.2.	Mangas de feeder:	19
7.3.3.	Armario:.....	19
7.3.4.	Splitter:	21
7.4.	Red de distribución.....	22
7.4.1.	Cables de distribución	23
7.4.2.	Mangas de empalme para distribución.....	25
7.4.3.	Caja Óptica De Distribución Para Exterior	26
7.5.	RED DE DISPERSIÓN.....	26
7.5.1.	Roseta óptica:	27
7.5.1.	Cable aéreo drop de 2 fibra ópticas	28
7.6.	DIMENSIONAMIENTO DE MATERIALES	28
7.6.1.	Materiales a emplearse en la Red Feeder	29
7.6.2.	Materiales a emplearse en la Red Distribución	29
7.7.	Presupuesto de potencia óptico	32
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
8.1.	CONCLUSIONES.....	34
8.2.	RECOMENDACIONES	35
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	36
10.	ANEXOS.....	I
10.1.	ANEXO 1: CATÁLOGOS (DATASHEET DE EQUIPAMIENTO ACTIVO Y PASIVO).....	I
10.2.	ANEXO 2: COTIZACIONES	II
10.3.	ANEXO 3: RECOMENDACIÓN ITU-T G.984.1	III
10.4.	ANEXO 4: CENSO POBLACIONAL 2010 BABAHOYO	IV
10.5.	ANEXO 5: NORMATIVA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA ODN ...	V
10.6.	ANEXO 6: ARTÍCULO TÉCNICO.....	VI

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el despliegue de las redes FTTX ^[1] en todos los países del mundo se ha incrementado, ya que esta tecnología con el pasar del tiempo está cubriendo la necesidad y expectativa de calidad que tienen los usuarios de servicios de telefonía, Internet y televisión, por ende, el mercado de las telecomunicaciones para las empresas proveedoras de servicio se ha vuelto un mercado competitivo. Las actuales empresas de telecomunicaciones tratan de satisfacer al máximo las necesidades de los usuarios finales con nuevas tecnologías a fin de poder brindar una comunicación de alta calidad, en tiempo real, eficiente y moderno. Por tanto, diariamente los ingenieros en esta área tratan de buscar soluciones a diversos casos que se presentan en nuestro entorno para mejorar los servicios brindados por las empresas de telecomunicaciones.

2. JUSTIFICACIÓN

Las empresas de telecomunicaciones en Ecuador se han constituido con la finalidad de brindar servicios rentables tanto a nivel empresarial como a usuarios masivos, que sean accesibles a todos los Ecuatorianos, es por ello que en los últimos dos años en el Ecuador ha existido la necesidad de desplegar redes FTTX, en tal virtud La Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, CLARO, MOVISTAR, PUNTONET, TEUNO, NETLIFE se encuentran desplegando redes FTTX en todo el país pero la mayor parte del despliegue de dichas redes ha sido en Quito y Guayaquil, debido a que los usuarios masivos han comprobado la eficiencia y rapidez de los servicios que brindan a través de estas redes desplegadas.

El ancho de banda [2] para un servicio de Internet o datos se ha vuelto una de las solicitudes más requeridas de los clientes del hogar, ya que el incremento de dicho ancho de banda en otras tecnologías o redes como ADSL [3] o xDSL xDSL son limitadas por el medio físico que es el par de cobre.

^[1] **FTTX:** Fiber To The X, x puede ser: H: Home, B: Building, C: Cabinet, entre otros, describe un conjunto de topologías utilizadas en las redes de acceso por fibra óptica <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/tutorial%209%20lattanzi%20y%20graf-%20ieee.pdf>

^[2] **Ancho de Banda.-** Es el máximo rango de frecuencias que el canal es capaz de transmitir sin distorsión. Es expresado en Hertzios. (Hz); Curso de Redes GPON con Normativa CNT E.P. Blue iT

^[3] **ADSL:** Asymmetric Digital Subscriber Line" o Línea de Abonado Digital Asimétrica es una tecnología que, basada en el par de cobre de su línea telefónica tradicional y normal, la convierte en una línea de alta velocidad. <http://www.adslzone.net/adsl-faq.html>

En la actualidad con la fibra óptica y la implementación de las tecnologías o redes GPON está reduciéndose considerablemente esta limitación y los servicios que se pueden transmitir por estas nuevas tecnologías son considerablemente más amplios en relación a los servicios que se podían entregar sobre tecnologías implementadas anteriormente.

Por consiguiente, los estudios realizados en la actualidad van direccionados para satisfacer las necesidades de telecomunicaciones en los hogares (clientes masivos), por ende, se realiza cada día más investigación y utilización de las redes FTTH^[1].

3. ANTECEDENTES

Como en toda ciudad, el incremento de la población es uno de los principales factores para ir desplegando redes que cubran las nuevas áreas de la ciudad, este caso es el de la ciudad de Babahoyo en la que el aumento de la cantidad de barrios alrededor de la ciudad son considerables; uno de estos Barrios es Barreiro Nuevo ubicado vía Guayaquil cerca del viaducto (una nueva vía alterna para viajar hacia la ciudad de Guayaquil); en dicho barrio se encuentra una población en desarrollo y crecimiento, que no cuenta en su totalidad con servicios de Internet ni telefonía fija ya que la red de cobre de la CNT EP ha sobrepasado la cantidad de usuarios que puede atender (solo el 20% de la población cuenta con servicios de telecomunicaciones), por ello, al diseñar una red FTTH^[1] para Barreiro Nuevo, los pobladores tendrían la accesibilidad para optar por todos los servicios de voz, datos, Internet y televisión que puedan ser ofrecidos por la CNT EP.

El Barrio Barreiro Nuevo está ubicado a 6000 metros de la central de Babahoyo, donde solo se encuentra atendido un 20% de la población con servicios de Internet y telefonía, sin embargo, estos servicios son entregados con problemas de intermitencias e inestabilidad en la red de cobre. Al 80% de la población restante no se les puede brindar ningún tipo de servicio por ninguna empresa de Telecomunicaciones.

Una de las empresas pioneras en desplegar redes FTTH en toda la ciudad es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, con lo cual cumplirá sus objetivos de migrar sus servicios de cobre menos eficientes y captar la mayor

cantidad de clientes que podrán acceder a servicios convergentes de telecomunicaciones.

Por consiguiente, el caso de estudio del diseño de la red FTTH para Barreiro Nuevo resolverá el problema de accesibilidad a los servicios de voz, Internet, datos y televisión de calidad que al momento tienen los pobladores de este barrio.

4. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red de planta externa FTTH con tecnología GPON para la población de Barreiro Nuevo, de la ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos, para que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP provea servicios convergentes de telecomunicaciones.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.1. Determinar la cantidad aproximada de usuarios de la red a desplegarse.
- 5.2. Realizar el diseño de la red de planta externa FTTH con tecnología GPON para la población de Barreiro Nuevo, de la ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos.
- 5.3. Determinar la ubicación estratégica del armario (FDH) y cajas de distribución ópticas (NAP)
- 5.4. Determinar el nivel de splitteo que se va a emplear.
- 5.5. Determinar los principales materiales de planta externa para la implementación y los correspondientes costos
- 5.6. Realizar un artículo técnico referente al diseño de Diseño de una red de planta externa FTTH con tecnología GPON para la población de Barreiro Nuevo, de la ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Fiber To The Home (FTTH)

FTTX, es un gran conjunto de tecnologías, las cuales buscan brindar servicios de telecomunicaciones rápidos, con un gran ancho de banda y convergentes a usuarios finales, de las cuales las más importantes son: FTTH: Home, FTTB: Building, FTTC: Cabinet, entre otros. En este caso de estudio se

realizará un diseño basado en la tecnología FTTH, la cual implica que desde el equipo activo en la central de telecomunicaciones del proveedor se tenderá cables de fibra óptica directamente hasta el hogar de cada usuario.

6.2. Gigabit-Passive optical network GPON

Son redes ópticas con capacidad de alcanzar velocidades de gigabits por segundo, permitiendo brindar diversos servicios y cuyo principal medio de transmisión es la fibra óptica. Esta red se compone en sus extremos por un Terminal De Línea Óptica (*OLT: Optical Line Termination*) en la central de telecomunicaciones y una Terminal De Red Óptica (*ONT: Optical Network Termination*) con una Red De Distribución Óptica pasiva (*ODN, Optical Distribution Network*) que los interconecta.

Adicionalmente, GPON es un estándar que nació con el objetivo de seguir evolucionando las telecomunicaciones, el cual cuenta con varias características mencionadas a continuación:

- ✓ Se puede ofrecer servicios presentes y futuros: voz (TDM, tanto SONET como SDH), Ethernet (10/100 BaseT), ATM, Frame Relay, entre otros ^[4]
- ✓ Pueda llegar prácticamente a un alcance máximo de 20 km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km ^[5]
- ✓ Soporte para varias tasas de transferencia, incluyendo tráfico simétrico de 622Mbps, tráfico simétrico de 1.25Gbps y asimétrico de 2.5Gbps en sentido descendente y 1.25 en sentido ascendente. ^[6]
- ✓ Seguridad del nivel de protocolo para el enlace descendente debido a la naturaleza multicast de PON. ^[7]

^[4] <http://blogs.ua.es/teleco/tag/fibra-optica/>

^[5] http://www.academia.edu/11698457/GPON_Gigabit_Passive_Optical_Network

^[6] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4203/1/UPS-CT002595.pdf>

^[7] http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario_tecnico/articulo.asp?i=2686

6.3. Arquitectura GPON

Para poder entender con claridad la arquitectura de la red GPON, la mejor forma es la representación gráfica, donde se evidencien los elementos que conforman dicha red.

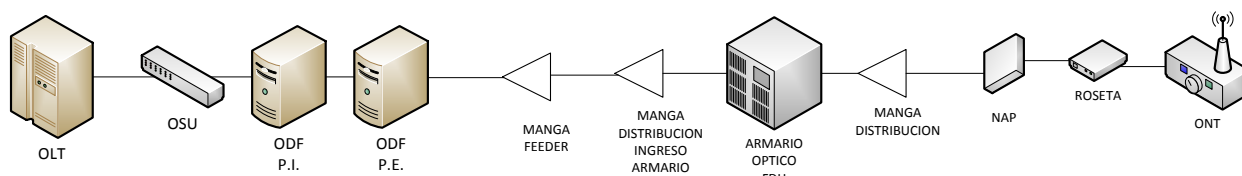


Figura 1: Arquitectura de la red GPON. Fuente: Autor

En la figura 1 se puede visualizar los elementos principales de una arquitectura GPON que son:

- ✓ OLT: como elemento inicial se tienen a la OLT, la cual generalmente se ubica en un nodo o central de telecomunicaciones, propiedad del proveedor de servicios.
- ✓ Cable de fibra óptica de alta capacidad, también conocido como feeder, el mismo que generalmente se presenta en capacidades de 96 a 288 hilos de fibra.
- ✓ Splitter o divisores ópticos, los mismos que pueden ser de diferentes capacidades.
- ✓ ONT, que estará ubicada en las oficinas o casas de los usuarios finales.

6.4. RED ACTIVA:

6.4.1. La OLT (Terminal de Línea Óptico)

Es el equipo activo que se encuentra en los nodos o centrales de telecomunicaciones, el mismo que interconecta la red ODN (red pasiva) con la red MPLS y de ahí a través de las salidas internacionales (puertas uplink)^[2] tiene conexión con el internet. Este equipo tiene la capacidad para dar servicios a miles de usuarios.

La CNT EP dispone de OLTs marca Huawei modelo MA5600, ubicadas a nivel Nacional, para el caso de la ciudad de Babahoyo en su central matriz ubicada en la avenida Juan Marcos y Rocafuerte mostrada en la siguiente figura:

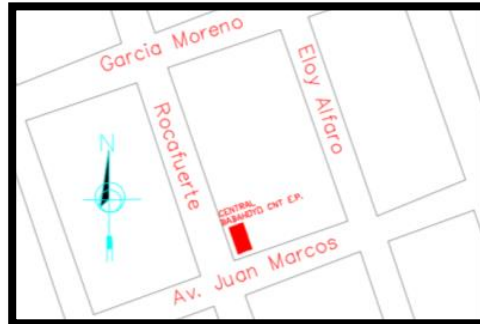


Figura 2. Ubicación de Central telefónica de CNT en Babahoyo. Fuente: Autor

Dicha OLT se encuentra compuesta por un chasis, una tarjeta de ventiladores (fan tray), dos tarjetas de poder (slots 21 y 22), tarjetas de gestión y control (slot 9 y 10), tarjetas de uplink (slots 19 y 20), tarjetas de servicios (slots 1 al 8 y 11 al 16) y tarjetas de 16 x E1s para tráfico de telefonía (slots 17 y 18) ^[2]. Como parte de la OLT se encuentra un equipo OSU, el cual contiene 2 puertos de consola y 2 puertos auxiliares, un puerto para las pruebas de medición con ODTR y puertos de servicio de entrada y salida. ^[2]

Junto a la OLT-Babahoyo se encuentran dos racks de piso, el primero contiene ODFs de 96, 48 y 24 puertos con acoples de puertos FC/APC de patcheo lateral, los mismos que se conectan con el equipo OSU mediante patch cords de fibra óptica de conectores SC/PC a FC/APC. En el segundo rack de piso se encuentran ODFs de patcheo lateral de 96 puertos SC/APC, los mismos que se conectan mediante patch cords de fibra óptica de conectores SC/APC a FC/APC, al primer rack de piso.

6.4.2. La ONT (Terminal Óptico de Red)



Figura 3. ONT. Fuente: Autor

Es el equipo terminal instalado en cada hogar del usuario, el mismo que es capaz de recibir los servicios que se contraten ya sea telefonía fija, Internet, televisión o simplemente un canal de datos. El equipo considerado en este caso de estudio debido a que es el que ha sido adquirido por la CNT EP es el HG8945 cuyas características son:

- ✓ 1 puerto óptico
- ✓ 4 puertos Ethernet
- ✓ 2 puertos telefónicos RJ11
- ✓ 2 antenas para conexión wifi
- ✓ 1 puerto de energía.

6.5. RED PASIVA

Es aquella que emplea en su totalidad elementos pasivos como son Feeder, FDB, NAP, roseta y que permite la conexión del cliente final (ONT), con la OLT y por ende hacia la red MPLS y al internet.

6.5.1. Feeder

El feeder es la red troncal o conexión principal conformada por cables de fibra óptica que conectan los ODF (*Optical Distribution Frame*) que están ubicados en la central o nodo de telecomunicaciones, con los armarios FDH (*Fiber Distribution Hub*).

El cable de fibra óptica para feeder puede tenderse de forma manual o por tracción, para el feeder se emplea por lo general cables de capacidad de 96,144, 288 hilos de fibra óptica que pueden ser tanto canalizados como aéreos y puede contar con varias extensiones de feeder de acuerdo con el diseño de la red y que servirá para la conexión hasta el armario óptico, cabe indicar que para conectar dos cables de fibra óptica se lo realiza dentro de mangas de fibra óptica dispuestas para el efecto. En la mayoría de los casos y lo recomendable es que el feeder sea tendido de forma canalizada, es decir dentro de tubos de 110mm hechos de polietileno de alta densidad, para garantizar la protección del cable ante ambientes

abrasivos y roedores, para este tendido se necesita adicionalmente manguera corrugada de ¾" o 1" de diámetro que se coloca en el interior de las cámaras de telecomunicaciones o mejor conocidos como pozos, este cable con la protección de la manguera es sujeto a la pared con abrazaderas metálicas de ¾" o 1".

6.5.2. Red de distribución

Es la que se emplea para la conexión desde el armario óptico (FDH) hasta las cajas de distribución óptica (NAP), para esta conexión se emplea cables de fibra óptica aéreos o canalizados con capacidades de 12, 24, 48 y 96 hilos.

- ✓ **Armario óptico (FDH):** Son aquellos que están ubicados estratégicamente en determinados puntos del sector para atender y es el lugar de conexión entre la red de feeder y la red de distribución por medio de splitters.
- ✓ **Splitter:** Es un elemento pasivo de la red que permite la conexión punto a multipunto y que permite que las señales ópticas de una fibra puedan ser replicadas a otras varias fibras. Estos splitter pueden ser de tipo fusionados o conectorizados de acuerdo a sus terminaciones, y de acuerdo con el estándar ITU-T. G984 pueden ser de clase A, B o C. En este caso de estudio se utilizarán splitters clase B debido a que el equipamiento activo que utiliza la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP (OLT y ONT) son clase B. ^[8]

SPLITTER	
Capacidad	Pérdida [dB]
1:2	3.50
1:4	7.00
1:8	10.50
1:16	14.00
1:32	17.50
1:64	21.00

Tabla 1. Pérdida en dB de splitters de acuerdo con su capacidad

^[8] http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaracteristicasgeneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf



Figura 4. Splitter instalados en Armario. Fuente: Autor

- ✓ **Manga de distribución:** son aquellas que sirven para conectar los cables de la salida del armario con los cables de la red de distribución.



Figura 5. Manga tipo Domo. Fuente: Autor

- ✓ **Cables de distribución:** Estos cables son los que conectarán los splitters del armario para distribuirse por rutas adecuadas hacia las NAPs, estos cables pueden ser de diferentes capacidades dependiendo de la ruta trazada en base la ubicación geográfica de las NAPs.

- ✓ **Caja de distribución óptica (NAP):** Es un punto de conexión entre la red de distribución y las conexiones individuales de cada abonado. Esta se puede instalar de forma aérea como canalizada, Constituyen además puntos de prueba para labores de operación y mantenimiento.



Figura 6. Caja de distribución óptica (NAP). Fuente: Autor

6.5.3. Red de dispersión

La red de dispersión se entiende como el tramo entre las NAP hasta las rosetas instaladas en la casa del usuario final, en otras palabras, es la acometida final del cliente. Emplea cable drop ya sea canalizado o aéreo con capacidades de dos hilos generalmente, aunque en algunas ocasiones se utiliza de 1 hilo.

- ✓ **Roseta:** Es una caja pequeña que tiene un ingreso para el cable drop de fibra óptica y dos puertos de salida ópticas, que permiten realizar la conexión para la terminación del cable drop, esta caja contiene en su interior una bandeja pequeña para el arreglo de las fibras ópticas de entrada, el pigtail y sus correspondientes fusiones para luego conectar el pathcord de fibra que irá hacia la ONT. Dicha caja es colocada en el interior de cada hogar del usuario, con las debidas seguridades para evitar su manipulación.



Figura 7. Roseta óptica. Fuente: Autor

7. DESARROLLO DEL CASO DE ESTUDIO

7.1. Estudio de la demanda

Para iniciar el desarrollo del diseño se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Del recorrido realizado en el barrio Barreiro Nuevo se pudo constatar visualmente, mediante contabilización, el número de medidores de energía eléctrica existentes que es de 477, esta cifra se corresponde con el número de familias domiciliadas en el barrio y por ende el número de posibles usuarios, dando como resultado la existencia de máximo 477 usuarios finales actualmente.
- ✓ Adicionalmente, se pudo observar que los posibles clientes existentes en la zona son en su totalidad residenciales de clase media (masivos), y dado que se ubica en las afueras de Babahoyo no se encontraron posibles clientes corporativos (empresas), cabe indicar que geográficamente no existe posibilidad de expansión del barrio externamente ya que sus linderos son: Río Clementina al norte, Río San Pablo al Sur, Muro de Piedra y tierra al Este y la avenida principal vía Quevedo hacia el Oeste.
- ✓ A pesar de no existir proyección de crecimiento futuro hacia el exterior del barrio si existe posibilidades de crecimiento al interior donde existen lotes

baldíos y casas de un piso que se podrían convertir en casas de 2 o más pisos en el futuro albergando un mayor número de usuarios.

Para el cálculo de la demanda final se usará como dato el recopilado en el recorrido y las fórmulas indicadas en el curso de diseño de redes GPON impartido por la empresa BLU IT., adicionalmente en este caso de estudio se considera una proyección de tiempo de crecimiento interno de 10 años en base a los tipos de usuario y demanda del sector. Se estima una tasa de crecimiento del 2% anual, tomando como referencia la encuesta del año 2012 realizada por el INEC^[9], cabe recordar que tal como se mencionó anteriormente el crecimiento externo de este barrio está limitado.

La demanda total se calcula con la siguiente fórmula ^[2]:

$$Df = Do * (1+i)^n$$

Donde:

Df = Demanda final

Do = Demanda inicial = 447 usuarios

i = Índice de crecimiento anual = 2%

n = Tiempo de proyección = 10 años

$$Df: (447) \times (1 + 0.02)^{10}$$

$$Df = 544.89$$

$$Df = 545$$

En conclusión, el requerimiento para este barrio es instalar una red GPON (feeder y distribución) para atender a 545 clientes residenciales, cifra que aplica para la demanda actual y futura por un período de 10 años. Cabe recordar que en este caso de estudio no se toma en cuenta la atención a clientes corporativos, ya que este segmento de clientes no se encuentra presente en el sector analizado.

^[9] http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/los_rios.pdf

7.2. Zona geográfica del diseño:

En la figura a continuación podemos observar el sector donde se encuentra el Barrio Barreiro Nuevo ubicado en el Cantón Babahoyo, Provincia de Los Ríos y la correspondiente zonificación para el diseño GPON:



Figura 8. Barrios Barreiro Nuevo y Barreiro Viejo en la ciudad de Babahoyo



Figura 9. Área de cobertura de la red GPON a diseñarse (Barrio Barreiro Viejo)

7.3. Red De Feeder

7.3.1. Cable de feeder

Como se indicó anteriormente, es el cable principal de la red GPON que irá desde la OLT hasta el armario óptico por lo cual se debe asegurar su protección, y que en caso de que se llegase a romper todos los miles de clientes (Red GPON

operando al máximo) de la red se verían afectados, la mejor forma de protegerlo es realizando un tendido canalizado, y aprovechando que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP cuenta con canalización existente se optará por esta ruta, la cual parte desde la Central Babahoyo hasta el armario ubicado en la “transversal I”, esta ruta se muestra en la siguiente figura:



Figura 10. Ruta del cable de feeder.

- ✓ **Nivel de splitteo:** Se refiere a la cantidad de divisiones que se realizará a la señal entregada por el puerto de la OLT, es decir al tipo de splitter que se utilizará, en este caso de estudio, dado que se lo realiza en base a la OLT de la CNT EP se utilizará el splitteo indicado por dicha empresa dentro de la “Normativa de diseño de planta externa con fibra óptica ODN”, misma que fue proporcionada por la empresa Blue IT y que se adjunta en el anexo de este caso de estudio; este splitteo es de 1x32 , lo cual significa que los clientes finales recibirán 1/32 veces la potencia entregada por la OLT.
- ✓ **Hilos de feeder:** El primer paso que se realizará en el presente diseño es conocer cuántos hilos de fibra óptica se requerirán para para el despliegue de la red para los clientes del barrio Barreiro Nuevo, a continuación se presenta la fórmula de cálculo de los hilos del feeder^[2]:

$$HF = \frac{Df}{S}$$

$$HF = \frac{545}{32} = 17.03 \text{ Hilos necesarios}$$

Donde:

HF= Hilos Feeder

Df = Demanda final = 545

S = Nivel de Splitter = 1x32

Para escoger el tipo de cable que se utilizará se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ **Tipo de fibra óptica:** Existen dos tipos de hilos de fibra óptica, multimodo y monomodo, la diferencia entre estos es principalmente el núcleo de la fibra, donde para el monomodo es mucho más pequeño, lo cual permite que la señal pueda llegar a grandes distancias (más de 100 km) mientras que con multimodo únicamente se llegaría hasta máximo un par de kilómetros. En este caso de estudio se selecciona fibra monomodo ya que el barrio a intervenir cuenta con distancias en el orden de varios kilómetros.
- ✓ **Capacidad del cable de feeder:** Para este diseño se considera utilizar un cable de 96 fibras ópticas, realmente de acuerdo con los cálculos respecto de la cantidad de clientes se requieren 17 hilos, sin embargo es recomendable utilizar un cable de mayor capacidad a fin de utilizarlo para atender otro sector como por ejemplo Barreiro Viejo. Adicionalmente el tamaño de ductos que ingresa a la central es un limitante, donde es mejor ingresar con pocos cables de alta capacidad en lugar de varios cables de baja capacidad (un cable por barrio). Cabe indicar que ya que la ruta del cable de feeder atraviesa el Barrio Barreiro Viejo hasta ahí seguirá el cable de 96 hilos y desde ahí hasta Barreiro Viejo se utilizará cable de 24 hilos que es el calculado.
- ✓ **Característica de cable en base al terreno:** Existen dos tipos de tendido de cable, uno de forma canalizada y otro de forma aérea, para este caso de estudio y específicamente para el cable de feeder se realizará de forma canalizada debido a que de forma canalizada tiene menor riesgo de cortes por accidentes de tránsito, quemaduras en incendios, adicionalmente con las nuevas leyes de nuestro país para la mejora y el desarrollo urbanístico de las

ciudades es recomendable que todo tipo de tendido de cables de telecomunicaciones y eléctricos sea realizado de forma subterránea o canalizado. A nivel de precios se cuenta con la ventaja que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones ha desplegado en años anteriores canalización desde la central Babahoyo hasta el barrio Barreiro Nuevo, por lo cual no se requiere la construcción de obra civil y finalmente al realizar el tendido de forma canalizada tampoco se requiere la utilización de herrajes en postes, lo cual también es un ahorro importante.

- ✓ Se debe tener en cuenta que en la canalización existente se tiene presencia de roedores, por lo cual se requerirá que el cable de fibra óptica a utilizar mantenga una protección contra posibles daños con una armadura fabricada con acero corrugado de mínimo 0.15 mm de espesor, por consiguiente el tipo de cable para feeder será un cable armado con protección anti roedores.
- ✓ **Tipo de fibra óptica normalizada UIT-T:** A nivel comercial existen varias ofertas de cable monomodo normalizado por la UIT-T, las cuales se resumen a continuación: cable G655, el mismo que debido a su porcentaje de dispersión cromática se utiliza en enlaces de fibra óptica mayores a los 100km y de ahí su elevado costo; otra opción es la utilización de fibra óptica de tipo G657, sin embargo esta norma fue desarrollada para conseguir que la misma pueda ser doblada en ángulos pequeños privilegiado principalmente su utilización en el interior de las casas u oficinas de los clientes, la utilización de este tipo de cable en distancias largas donde no se requiere doblar la fibra óptica resulta ser más costoso a la larga, y finalmente el cable G.652, el cual es utilizado para redes de acceso debido a su bajo costo y producción masiva a nivel mundial
- ✓ Dentro del estándar G.652 existen varias versiones catalogadas como A/B/C/D, de las cuales en este caso de estudio se utilizará la D, la cual a más de cumplir con las especificaciones de los tipos A, B y C presenta un rendimiento óptimo en las longitudes de onda de 1310nm a 1550nm, incluida la longitud de 1382nm, a continuación se muestran las tablas tomadas del estándar ITU-T G.652, Tabla 2: G.652A, Tabla 3: G.652B, Tabla 4: G.652C y Tabla 5: G.652D:

Cuadro 1/G.652 – Atributos G.652.A		
Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1550 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	$0,092 \text{ ps/nm}^2 \times \text{km}$
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,5 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	$0,5 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$
NOTA – De conformidad con 6.2, se especifica un valor máximo del parámetro PMD _Q para la fibra no cableada, con el fin de soportar el requisito primario impuesto al cable PMD _Q .		

Tabla 2. Estándar ITU-T G.652A

Cuadro 2/G.652 – Atributos G.652.B		
Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{min}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324 nm
	$S_{0\text{max}}$	$0,092 \text{ ps/nm}^2 \times \text{km}$
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo a 1310 nm	0,4 dB/km
	Máximo a 1550 nm	0,35 dB/km
	Máximo a 1625 nm	0,4 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	$0,20 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$
NOTA – De conformidad con 6.2, se especifica un valor máximo del parámetro PMD _Q para la fibra no cableada, con el fin de soportar el requisito primario impuesto al cable PMD _Q .		

Tabla 3. Estándar ITU-T G.652B

Cuadro 3/G.652 – Atributos G.652.C		
Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{mín}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,092 ps/nm ² × km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm (Nota 2)	0,4 dB/km
	Máximo de 1383 nm ± 3 nm	(Nota 3)
	Máximo a 1550 nm	0,3 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	0,5 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTA 1 – De conformidad con 6.2, se especifica un valor máximo del parámetro PMD_Q para la fibra no cableada, con el fin de soportar el requisito primario impuesto al cable PMD_Q.</p> <p>NOTA 2 – Esta región de longitud de onda puede ampliarse hasta 1260 nm añadiendo 0,07 dB/km de pérdida por dispersión de Rayleigh inducida al valor de atenuación a 1310 nm. En este caso, la longitud de onda de corte del cable no deberá sobrepasar 1250 nm.</p> <p>NOTA 3 – La atenuación media detectada en muestras a esta longitud de onda debe ser menor o igual al valor especificado para el intervalo 1310 nm a 1625 nm, después del proceso de envejecimiento del hidrógeno conforme a CEI 60793-2-50 en relación con la categoría de fibra B1.3.</p>		

Tabla 4. Estándar ITU-T G.652C

Cuadro 4/G.652 – Atributos G.652.D		
Atributos de la fibra		
Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	Longitud de onda	1310 nm
	Gama de valores nominales	8,6-9,5 μm
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0 μm
	Tolerancia	$\pm 1 \mu\text{m}$
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6 μm
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm
Pérdida de macroflexión	Radio	30 mm
	Número de vueltas	100
	Máximo a 1625 nm	0,1 dB
Prueba de tensión	Mínimo	0,69 GPa
Coeficiente de dispersión cromática	$\lambda_{0\text{mín}}$	1300 nm
	$\lambda_{0\text{máx}}$	1324 nm
	$S_{0\text{máx}}$	0,092 ps/nm ² × km
Atributos del cable		
Atributo	Dato	Valor
Coeficiente de atenuación	Máximo de 1310 nm a 1625 nm (Nota 2)	0,4 dB/km
	Máximo de 1383 nm ± 3 nm	(Nota 3)
	Máximo a 1550 nm	0,3 dB/km
Coeficiente de PMD	M	20 cables
	Q	0,01%
	PMD _Q máximo	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$
<p>NOTA 1 – De conformidad con 6.2, se especifica un valor máximo del parámetro PMD_Q en la fibra no cableada para soportar el requisito primario de PMD_Q del cable.</p> <p>NOTA 2 – Esta región de longitud de onda puede ampliarse hasta 1260 nm añadiendo 0,07 dB/km de pérdida por dispersión de Rayleigh inducida al valor de atenuación a 1310 nm. En este caso, la longitud de onda de corte del cable no deberá sobrepasar 1250 nm.</p> <p>NOTA 3 – La atenuación media detectada en muestras a esta longitud de onda debe ser menor o igual al valor especificado para el intervalo 1310 nm a 1625 nm después del proceso de envejecimiento del hidrógeno conforme a CEI 60793-2-50 en relación con la categoría de fibra B1.3.</p>		

Tabla 5. Estándar ITU-T G.652D

7.3.2. Mangas de feeder:

Para realizar la conexión del cable de feeder de 96 hilos con la extensión de feeder de 24 hilos se utilizará una manga de empalme subterránea para 96 fusiones (el resto de la capacidad quedará reservada para una nueva extensión de feeder hacia otro barrio), la misma que se debe colocar en la loza del pozo a fin de protegerla del agua en caso de inundaciones y asegurada con una abrazadera de sujeción para evitar que se caiga y alguien la pueda dañar pisándola, para realizar tareas de reparación y mantenimiento fuera del pozo se dejará una reserva de 15 metros de cada cable instalado.

La manga de empalme en su interior debe contener 4 caseteras para fusión donde es recomendable colocar etiquetas que identifiquen los 24 primeros hilos (2 buffers de 12 hilos) del cable de 96 que corresponden al Barrio Barreiro Nuevo y que los restantes buffers con sus respectivos hilos se deja en reserva en las caseteras correspondientes.

Manga canalizada para fusión de 96 fibra ópticas		
Descripción	Proveedor GLOBAL ELECTRIC	Proveedor OPTYTECH
MARCA:	Tyco	QHTELE
MODELO:	FIST-GOC2	GJS03-M8AX-96D
TIPO:	DOMO	DOMO
MANGUITOS:	96	96
ACCESORIOS:	1	1
PRECIO:	\$ 388.00	\$ 180.00

Tabla 6. Comparativo de precios de mangas de empalme.

7.3.3. Armario:

El armario es el punto de encuentro entre la red feeder y la red de distribución, este armario se ubicará en la “transversal I”, al inicio del barrio Barreiro Nuevo debido a que en este punto termina la canalización existe de la CNT E.P., en este gabinete de conexión se instalarán los splitters que más adelante se definirán la capacidad y tipo, ya que como se mencionó anteriormente este diseño es con un solo nivel de splitteo. En el mercado existen generalmente armarios para capacidades de 288 y 576 clientes, en este caso de estudio se requiere un armario que tenga la capacidad mínima de 545 clientes por lo cual se utilizará el de 576 puertos.

La CNT EP adquirió armarios GPON marca Tyco, el mismo que cuenta con 1 cable preconectorizado en fábrica de 24 FO monomodo canalizado G652-D con una longitud de 30 metros y 4 cables de 144 FO monomodo G652-D canalizado con una longitud de 30 metros para la distribución de la red, la razón por la cual se lo conectoriza en fábrica es evitar posibles problemas que ocurriesen al realizar las fusiones en campo. En relación a los splitters este armario tiene un espacio para colocar 18 splitters, a continuación se puede observar una ilustración de un armario de la parte frontal y posterior correspondientemente:

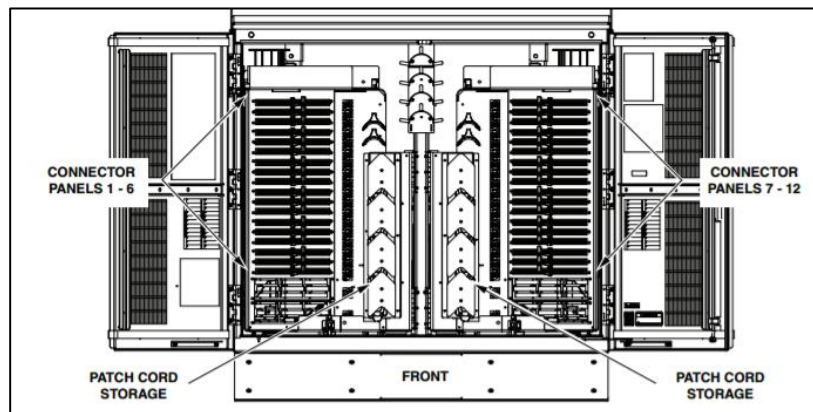


Figura 11. Vista frontal interior de un armario GPON ^[10]

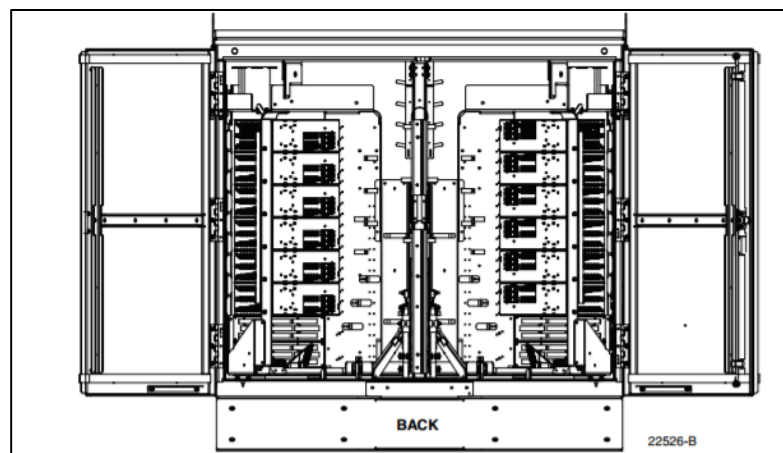


Figura 12. Vista posterior interior de un armario GPON ^[10]

El armario tendrá las siguientes dimensiones como se puede visualizar en la figura 13 a continuación:

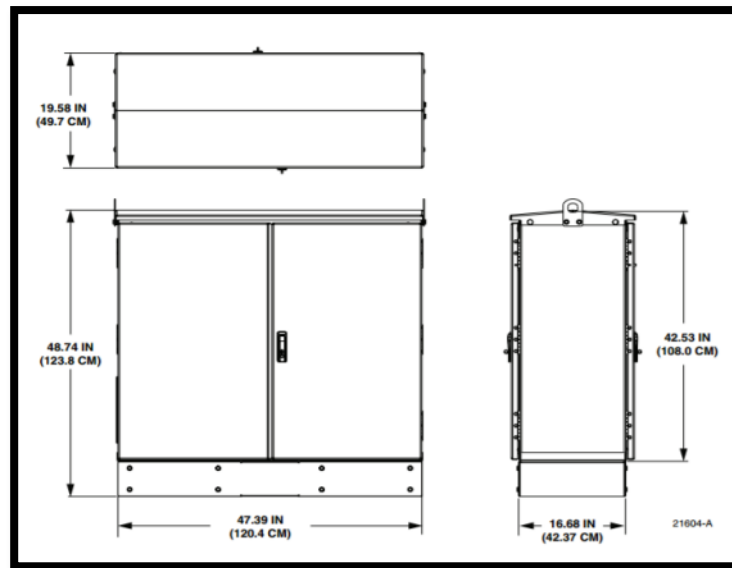


Figura 13. Dimensiones de armario GPON ^[10]

7.3.4. Splitter:

En este caso se considera emplear un solo nivel de splitteo por las siguientes razones:

- ✓ De acuerdo con los cálculos de proyección de usuarios realizados anteriormente no se espera un crecimiento de la población mayor al diseñado dentro de los próximos 10 años, por lo cual un segundo nivel de splitteo resulta innecesario, además que como se indicó anteriormente el nivel de splitteo de la Red GPON de CNT EP es de 1x32.
- ✓ El comprar splitters para un solo nivel corresponde a menos costos.
- ✓ Al utilizar dos niveles de splitteo se requerirá la utilización de mangas y cajas con capacidad portasplitter, las cuales son más costosas que las mangas y NAPs normales, es por ello que en una área extensa de distribución lo más conveniente a nivel de planta externa es resguardar los splitters en un armario (FDH) y sacar luego cables de distribución de capacidades de 96, 48, y 24 fibras ópticas hacia las NAPs.
- ✓ Para la revisión y mantenimiento es más fácil la identificación de problemas, ya que se tienen un solo punto de falla donde se pueden hacer medidas tanto para la OLT y para el cliente directamente sin tener que revisar varios tramos para detectar el problema.

- ✓ Con un solo nivel de splitteo se tienen menos fusiones lo cual no solo es menos costoso, sino que le inyecta menos pérdidas a la red y adicionalmente hace la red más fácil de administrar con un solo esquema de fusiones.
- ✓ **Capacidad de Splitter:** Como se mencionó anteriormente los splitters ópticos permiten la conexión punto a multipunto, por ende que las señales ópticas de una fibra puedan ser distribuidas a otras varias fibras. Por ello para este caso de estudio, basada en la cantidad de usuarios y la distribución geográfica de los clientes, se recomienda la utilización de un splitter 1:32, los mismos que introducen una pérdida de 17.5 dB.
- ✓ El tipo de conector que deberá utilizar el splitter debe ser del tipo SC/APC, el mismo que como se mencionó anteriormente ofrece menores pérdidas de retorno.^[12]

SPLITTER CONECTORIZADO DE FABRICA DE 1:32		
Descripción	Proveedor GLOBAL ELECTRIC	Proveedor OPTITECH
MARCA:	TYCO	JFOPT
MODELO:	Splitter Interconectado SC/APC	SPLITTER PLC CONECTORIZADO SC/APC
CAPACIDAD:	1:32	1:32
PRECIO:	\$ 987.00	\$ 160.00

Tabla 7. Comparativo de precios de splitter conectorizado.

7.4. Red de distribución

La red de distribución es la parte de la red GPON comprendida desde las puntas de cable que vienen de fábrica en el armario hasta las NAPs, las mismas se agruparán en series de 4 NAPs y que se pueden nombrar de la siguiente manera: A1, A2, A3 y A4 numerándolas en orden desde la NAP más lejana hasta la NAP más cerca, es decir que la que se encuentre en el punto más lejano será la NAP A1 y en el punto más cercano la serie L.

^[10] http://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=srchrtv&DocNm=TECP-96-181&DocType=Specification+or+Standard&DocLang=English&DocFilename=ENG_SS_TEC-96-181_A_TEC-96-181.pdf

^[11] http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaractersticageneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf

Para este caso de estudio como se mencionó anteriormente se crearán 47 áreas de dispersión las cuales se agruparan en cuatro NAPs lo que corresponde a 11.75 series, como nos da un valor decimal consideramos el inmediato superior de 12 series lo cual corresponde a las series de A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L quedando una reserva para una NAP futura con la numeración F4.

Esta codificación se representa en la siguiente tabla:

Hilos	Serie	NAP 1	NAP 2	NAP 3	NAP 4
1 - 48	A	A1	A2	A3	A4
49 - 96	B	B1	B2	B3	B4
97 - 144	C	C1	C2	C3	C4
145 - 192	D	D1	D2	D3	D4
193 - 240	E	E1	E2	E3	E4
241 - 288	F	F1	F2	F3	RESERVA
289 - 336	G	G1	G2	G3	G4
337 - 384	H	H1	H2	H3	H4
385 - 432	I	I1	I2	I3	I4
433 - 480	J	J1	J2	J3	J4
481 - 528	K	K1	K2	K3	K4
529 - 576	L	L1	L2	L3	L4

Tabla 8. Distribución de series de NAPs.

7.4.1. Cables de distribución

Estos cables se distribuyen por toda la zona del barrio que se va atender, creando rutas que alimentan a las series de NAPs proyectadas, cabe indicar que en vista que no se dispone de canalización en el Barrio Barreiro Nuevo se realizará en su totalidad el tendido de cables de manera aérea sobre los postes eléctrico existentes. El tendido de cables de forma aérea implica “...instalar los cables fijándolos entre postes a lo largo del recorrido, bien sea atándolos a un cable de acero que actuará como fiador, o utilizando cables autosoportados...”^[12]

En tendidos aéreos se pueden emplear por lo general cuatro (4) tipos de cables de fibra óptica dependiendo del requerimiento de la red, éstos son:

- ✓ **Figura 8 (Soportado con cable mensajero):** Este tipo de cable previstos para vanos usualmente de hasta 100 m, en condiciones NESC (National Electrical Safety Code) medium, cuentan con un fiador de cable de acero, con cubierta de PEHD (Poly Ethylene High Density), unido solidariamente a un cable de estructura holgada monotubo de hasta 96 F.O. ^[12]

- ✓ **All-Dielectric Self-Supporting (ADSS):** Cables dieléctricos auto soportados, los cuales mantienen una estructura holgada, multitubo, con una o dos cubiertas de polietileno, contando con hilos de Arámida como elemento de tracción. En esta opción se pueden construir con protección antibalística y cubierta anti tracking.^[12]
- ✓ **OPGW (Optical Ground Wire):** Sistema de cable compuesto tierra-óptico, para instalación en líneas eléctricas de alta tensión.^[12]
- ✓ **Cable Lashed:** Los cables ópticos tipo Lashed son cables dieléctricos, instalados longitudinalmente a lo largo de conductos en tierra, a través de fibras de rifle, elementos pre-formados o de grampas de fijación.^[12]

De lo indicado anteriormente para redes de acceso se pueden utilizar cables ADSS o figura 8, sus principales diferencias se muestran a continuación:

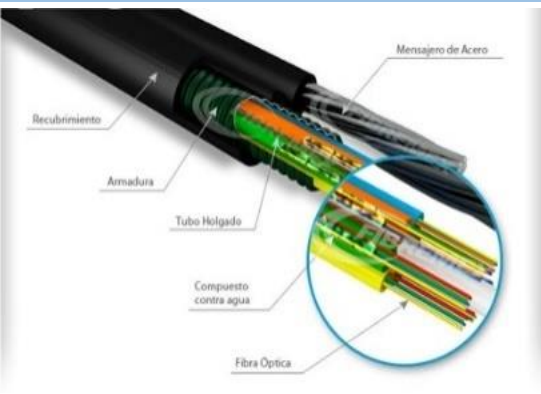
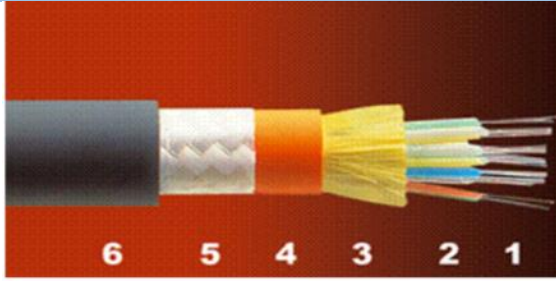
CARACTERISTICAS	
FIGURA 8	ADSS
Cable no dieléctrico, es decir que contiene elementos conductores por ende se debe emplear puestas a tierra	Cable dieléctrico, elimina la necesidad de puesta a tierra
Vanos generalmente hasta 100 metros	Vanos generalmente de 50 m a 1800 metros
Cable soportado en un cable de acero	Cable auto soportado
Las reparaciones se complican al tener que remplazar tramos desde varios postes anteriores ya que el mensajero se encuentra cortado.	Mayor facilidad de mantenimiento y reparación
	

Tabla 9. Comparación entre cable figura 8 (izquierda) y ADSS (derecha)^[13]

^[12] <http://www.c3comunicaciones.es/cables-para-tendido-aereo/>

^[13] <https://comunicacionesopticas.files.wordpress.com/2007/10/instalacion-fibra-optica.pptx>

Por lo anteriormente expuesto, para el diseño de la red GPON se selecciona el cable aéreo ADSS con fibra monomodo G652-D, cuyos precios por cantidad de hilos se muestran el Anexo 2, se adjunta la cotización de precios de los cables aéreos en base a su capacidad.

7.4.2. Mangas de empalme para distribución

Esta mangas estarán ubicadas en el pozo contiguo del armario y para poder armar los cables en su interior se deben dejar puntas de al menos 15, y sirven para realizar las fusiones de los cables que salen del armario con los cables que se distribuyen, para el efecto se emplearán 4 mangas de empalme subterráneo de capacidad de 144 F.O.(4*144=576 hilos), estas mangas deben asegurarse en la loza del pozo y tener etiquetadas en las respectivas bandejas de fusión los hilos que corresponde a cada serie para luego poder ser identificadas en caso de mantenimientos o reparaciones. A continuación se puede ver una representación de la mangas de empalme a emplearse.

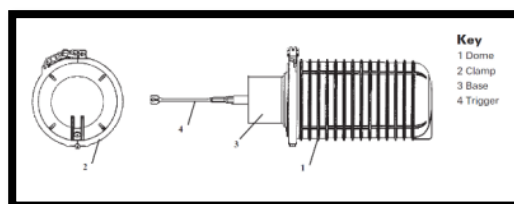


Figura 14. Manga de empalme FIST Gel sealed Generic Closure Organizer (Anexo 1)

En la siguiente tabla se puede ver una pequeña diferencia entre dos marcas en la cual se selecciona la que menor costo tiene que es QHTELE y cumple con los objetivos de una manga para fusión:

MANGA TIPO DOMO CANALIZADA PARA FUSIÓN DE 144 FIBRAS ÓPTICAS		
Descripción	Proveedor GLOBAL ELECTRIC	Proveedor OPTITECH
MARCA:	Tyco	QHTELE
MODELO:	FIST-GCOG2BC6K2	GJS03-M8AX-144D
TIPO:	DOMO	DOMO
MANGUITOS:	144	144
ACSESORIOS:	12 BANDEJAS	12 BANDEJAS
PRECIO:	\$ 385	\$ 220

Tabla 10. Comparativo de precios de manga tipo domo canalizada de 144 fibras ópticas.

7.4.3. Caja Óptica De Distribución Para Exterior

Las cajas de distribución o mejor conocidas como NAPs, se ubicarán en lugares estratégicos como por ejemplo en esquinas o en la mitad de la cuadra en caso de alta densidad para que tengan cobertura con todas las casas que conforman el área de dispersión considerada, deberán ser instaladas de forma aérea sobre los postes de la empresa eléctrica, considerando que no se pueden utilizar postes que contengan transformadores eléctricos y a mínimo 0.60 metros de distancia de los cables de baja tensión para que al momento de la instalación no se cometa un error de seguridad industrial.

A continuación se muestran algunas cotizaciones para la Caja de distribución área de 12 puertos:

CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA 12 PUERTOS		
Descripción	Proveedor GLOBAL ELECTRIC	Proveedor OPTITECH
MARCA:	TYCO	TOPSTONE
MODELO:	OFDC	PDB0216
NÚMERO DE CONECTORES:	12	12
CONECTOR:	SC/APC	SC/APC
MANGUITOS:	12	12
PRECIO:	\$ 155.00	\$ 115.00

Tabla 11. Comparativo de caja de distribución aérea de 12 puertos.

7.5. RED DE DISPERSIÓN

Para determinar el área de dispersión se considera que cada NAP puede abastecer máximo 12 clientes, sin embargo para atender a la proyección calculada anteriormente se considera una utilización inicial de cada NAP de 9 a 10 clientes que corresponde al 80% para el diseño y un 20 % de reserva, con esta modalidad se obtienen áreas de dispersión rectangulares en los mejores casos y de forma triangular en otros, tomando las consideraciones anteriores en este barrio se forman 47 áreas de dispersión.

La red de dispersión la conforman los elementos desde la NAP hasta la roseta, misma que se ubicará en los hogares de cada cliente.

7.5.1. Roseta óptica:

Es el punto final de la red GPON pasiva que puede ser de un puerto o dos puertos según el requerimiento de cada proveedor de servicios.

Se ha realizado la cotización del servicio se este material en la cual se detalla a continuación:

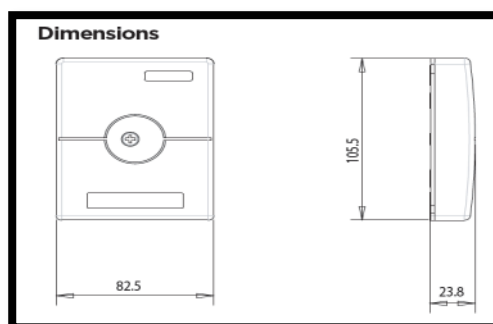


Figura 15. Dimensiones de la roseta óptica Tyco-HFTP ^[14]

ROSETA ÓPTICA DE 1 PUERTO		
Descripción	Proveedor GLOBAL ELECTRIC	Proveedor OPTITECH
MARCA:	Tyco	JFOPT
MODELO:	HFTP	-
PIGTAIL:	1	1
CONECTOR:	SC/APC	SC/APC
MANGUITOS:	1	1
PRECIO:	\$ 24.00	\$ 10.00

Tabla 12. Comparativo de precios de roseta óptica de 1 puerto.

ROSETA ÓPTICA DE 2 PUERTOS		
Descripción	Proveedor GLOBAL ELECTRIC	Proveedor OPTITECH
MARCA:	Tyco	JFOPT
MODELO:	HFTP	-
PIGTAIL:	2	2
CONECTOR:	SC/APC	SC/APC
MANGUITOS:	2	2
PRECIO:	\$ 26.70	\$ 12.00

Tabla 13. Comparativo de precios de roseta óptica de 2 puertos.

Por cuestiones de costos en el diseño se considera una roseta de óptica de un puerto con conector SC/APC ya que cumplirá la misma función que una de dos y solo se requiere una salida para realizar la conexión con la ONT.

^[14] Catálogo roseta óptica TC 1061/DS/1 05/09: www.tycoelectronics.com/www.telecomosp.com

7.5.1. Cable aéreo drop de 2 fibra ópticas

Este es el cable que conecta la NAP con la roseta instalada en el hogar de cada cliente, de esta forma se considera que todos los ingresos serán de manera aérea, ya que ninguna casa tiene ductos canalizados de ingreso para conexiones de telecomunicaciones, por ello el cable aéreo drop de 2 fibras ópticas G657 será el más adecuado.

La instalación de este tipo de cable se lo realiza desde la NAP sujeto a los postes con gachos de dispersión, luego se ingresará al hogar de cada cliente y se enrutarán los cables a través de canaletas sobrepuestas o tuberías empotradas pequeñas donde se requieren radios de curvatura mínimos, lo cual se consigue con el tipo A2 de la fibra óptica G.657, a continuación algunas cotizaciones del mismo:

CABLE AÉREO DROP DE 2 FIBRAS ÓPTICAS		
Descripción	Proveedor GLOBAL ELECTRIC	Proveedor OPTITECH
MARCA:	GLOBAL ELECTRIC	YOFC
MODELO:	FLAT	REDONDO
ESTANDAR:	G657A2	G657A1
BOBINA:	1	1
METROS EN BOBINA:	2000	2000
HILOS:	2	2
PRECIO:	\$ 0.20	\$ 0.20

Tabla 14. Comparativo de precios de cable drop.

7.6. DIMENSIONAMIENTO DE MATERIALES

A continuación se presenta el listado de materiales diseñados tanto para la red feeder como para la red de distribución, tal como se indicó anteriormente no se realizó para la red de dispersión ya que la misma se instala conforme los clientes contraten los servicios, al contrario del feeder y distribución que se lo instala por completo previo a comercializar los servicios de telecomunicaciones ofertados:

7.6.1. Materiales a emplearse en la Red Feeder

RED DE FEEDER				
DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ODF DE 96 PUERTOS SC/APC, INCLUYE 8 BANDEJAS DE 12 EMPALMES, 96 ADATADORES SC/APC, 96 MANGUITOS TERMOCONTRAIBLES 40mm, 96 PIGTAIL SC/APC	U	1	\$ 1,600.00	\$ 1,600.00
CANALIZADO 96 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	1647	\$ 4.00	\$ 6,588.00
CANALIZADO 24 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	905	\$ 2.75	\$ 2,488.75
COSTO TOTAL				\$ 11,192.75

Tabla 15. Comparativo de precios de cable drop.

7.6.2. Materiales a emplearse en la Red Distribución

A continuación se muestran las tablas con las consideraciones tomadas para el diseño de la red de distribución:

SERIE DE NAPs	DISTANCIA LINEAL DEL CABLE [m]	NÚMERO DE HILOS [u]	RESERVA DE FO EN POZO [m]	CABLE PARA PREPARACIÓN DE PUNTA Y FUSIÓN [m]	RECORRIDO NO LINEAL DE CABLES (CATENARIAS) [m]	TOTAL DE CABLE [m]
A-B	555	96	15	3.5	21	595
C-D	670	96	15	3.5	29	718
E	44	12	0	7	3	54
E-F	470	96	15	3.5	21	510
F	221	24	0	7	11	239
G-H	567	96	15	3.5	26	612
H	53	12	0	7	5	65
H	59	12	0	7	5	71
I	196	48	15	3.5	12	227
J	214	48	15	3.5	9	242
J	108	12	0	7	6	121
K-L	426	96	15	3.5	20	465
L	54	12	0	7	3	64
L	57	12	0	7	5	69

Tabla 16. Determinación de cantidad de cable de FO requerido

A continuación se indica la cantidad de herrajes y subidas a postes a emplearse:

SERIES	TIPOS DE CABLES	CANTIDAD POSTES POR RUTA	HERRAJES DE 2 EXTENSIONES	HERRAJES B	PREFORMADO	SUBIDAS A POSTE
A-B	96	14	11	3	22	1
C-D	96	19	15	4	30	1
E	12	2	2	0	4	0
E-F	96	14	11	3	22	1
F	24	7	6	1	12	0
G-H	96	17	14	3	28	1
H	12	3	2	1	4	0
H	12	3	2	1	4	0
I	48	8	6	2	12	1
J	48	6	5	1	10	1
J	12	4	3	1	6	0
K-L	96	13	10	3	20	1
L	12	2	2	0	4	0
L	12	3	2	1	4	0
TOTAL:		115	91	24	182	7

Tabla 17. Determinación de la cantidad de herrajes necesarios.

Detalle de las fusiones a realizarse por cada cable:

SERIES	TIPOS DE CABLES	FUSIONES EN INICIO	FUSIONES EN NAP
A-B	96	96	96
C-D	96	96	96
E	12	0	12
E-F	96	96	60
F	24	24	12
G-H	96	96	72
H	12	0	12
H	12	0	12
I	48	48	48
J	48	48	36
J	12	0	12
K-L	96	96	72
L	12	0	12
L	12	0	12
TOTAL:		600	564
		1164	

Tabla 18. Determinación de la cantidad de fusiones necesarias.

Finalmente con las cantidades obtenidas en el diseño y los precios obtenidos de las cotizaciones presentes en el anexo 2 a continuación se muestra el presupuesto requerido:

RED DE DISTRIBUCIÓN				
DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	94	\$ 11.00	\$ 1,034.00
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 11,00-12,10mm	U	184	\$ 12.00	\$ 2,208.00
HERRAJE TIPO B (CÓNICO) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	24	\$ 16.00	\$ 384.00
CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 12 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	U	47	\$ 135.00	\$ 6,345.00
SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	7	\$ 68.00	\$ 476.00
CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	444	\$ 1.38	\$ 612.72
CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	239	\$ 1.68	\$ 401.52
CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 48 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	469	\$ 2.40	\$ 1125.60
CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 96 HILOS G.652.D VANO 120 METROS	m	2900	\$ 4.40	\$ 12760.00
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	1224	\$ 6.00	\$ 7,344.00
			TOTAL:	\$ 32,690.84

Tabla 19. Determinación del presupuesto requerido.

7.7. Presupuesto de potencia óptico

Antes de determinar el presupuesto de potencia óptico de la red diseñada se debe indicar que el equipamiento activo de una red GPON, para poder operar adecuadamente, requiere que la ODN presente pérdidas mínimas y máximas de acuerdo con la clase utilizada, para el presente caso de estudio la OLT existente en la Central Babahoyo es de clase B, por lo cual la ODN diseñada deberá cumplir con una pérdida máxima de 25dB y una mínima de 10 dB de acuerdo con la norma ITU-T G.984 para redes GPON, la cual indica que la ODN no debe superar los 25 dB en el caso crítico del usuario más lejano para que llegue un nivel adecuado de potencia a su ONT que lo pueda reconocer; y, no debe ser menor a 10 dB en el caso crítico del usuario más cercano para evitar que el nivel de potencia que llegue al detector de la ONT sea excesivo y lo sature, o peor aún lo queme.

Para obtener el presupuesto óptico se realiza la sumatoria de todas las pérdidas parciales de los elementos que conforman la red desde la OLT hasta la ONT, los mismos que se muestran en el gráfico a continuación:

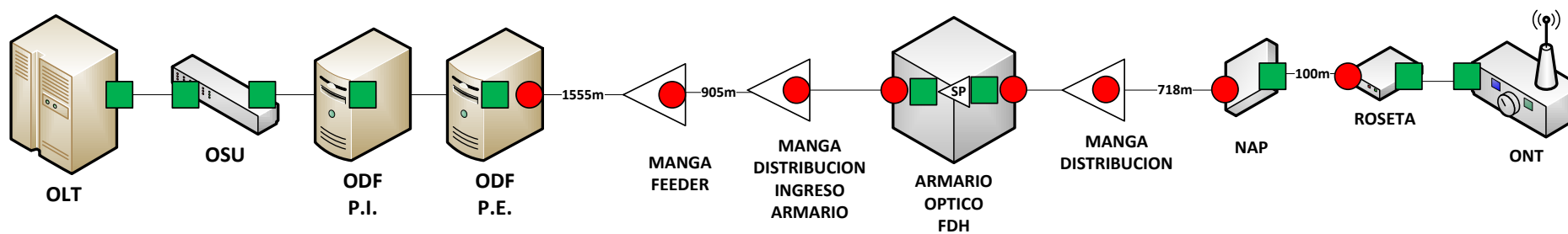


Figura 16. Esquema para el usuario crítico más lejano. Fuente: Autor



PRESUPUESTO ÓPTICO PARA EL CLIENTE MAS LEJANO																	
	PÉRDIDA MÁXIMA	OLT	OSU	ODF	CABLE FEEDER	MANGA DE FEEDER	EXTENSIÓN DE FEEDER	MANGA DE ENTRADA DE ARMARIO	ARMARIO	MANGA DE SALIDA ARMARIO	CABLE DE DISTRIBUCIÓN	NAP	CABLE DROP	ROSETA	ONT	SUBTOTAL	TOTAL DE PÉRDIDAS
CONECTOR 	0.5 (dB)	1	2	2					2			1		1	1	10	5.00
FUSION 	0.1 (dB)			1		1		1	2	1		1		1		8	0.80
CABLE	0.35 (dB/Km)				1.555 dB		0.905 dB				0.718 dB		0.1dB			3.278dB	1.15
SPLITTER	17.5 (dB)								1							1	17.50
RESULTADO TOTAL																	24.45

Tabla 20. Determinación del presupuesto óptico para el caso crítico del cliente más lejano

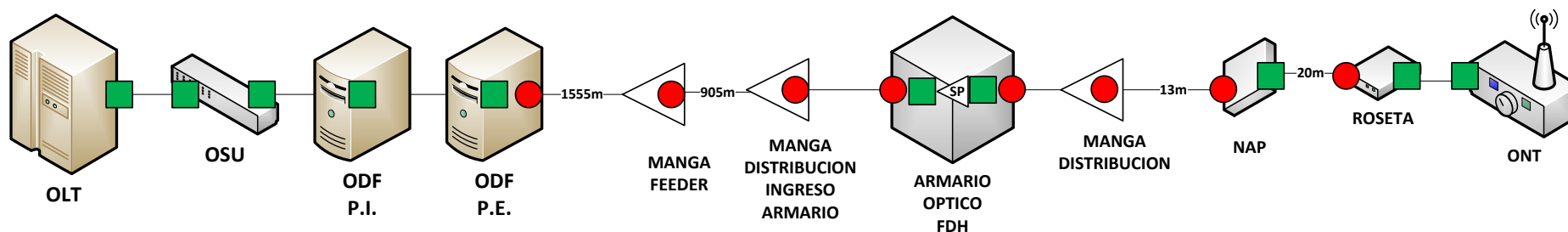


Figura 17. Esquema para el usuario crítico más cercano. Fuente: Autor



PRESUPUESTO ÓPTICO PARA EL CLIENTE MAS CERCANO																	
	PÉRDIDA MÁXIMA	OLT	OSU	ODF	CABLE FEEDER	MANGA DE FEEDER	EXTENSIÓN DE FEEDER	MANGA ENTRADA ARMARIO	ARMARIO	MANGA SALIDA ARMARIO	CABLE DE DISTRIBUCIÓN	NAP	CABLE DROP	ROSETA	ONT	SUBTOTAL	TOTAL DE PÉRDIDAS (dB)
CONECTOR 	0.5 (dB)	1	2	2					2			1		1	1	10	5.00
FUSION 	0.1(dB)			1		1		1	2	1		1		1		8	0.80
CABLE	0.35 (dB/Km)				1.555 dB		0.905 dB				0.013 dB		0.02 dB			2.493 dB	0.87
SPLITTER	17.5								1							1	17.50
RESULTADO TOTAL																	24.17

Tabla 21. Determinación del presupuesto óptico para el caso crítico del cliente más cercano

Por lo antes expuesto en las tablas de presupuesto óptico se puede observar que no se supera el umbral indicado de 25dB y se llega a un máximo de 24.45 dB en el peor de los casos para el cliente más lejano que se puede atender en la red.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- ✓ Basada en el recorrido en campo y las estadísticas de censo del INEC, se logró determinar la cantidad de clientes actuales y una cantidad aproximada para un futuro de 10 años que se puede atender con la red GPON desplegada
- ✓ Con las recomendaciones de las FTTH y normativas técnicas referidas en los anexos se pudo realizar el diseño de la red feeder que tiene un presupuesto de \$ 11,192.75 y para la red de distribución con un valor de \$ 32,690.84, como también dejamos reservas de cable feeder para futuros diseños de red GPON a desplegarse por los barrios aledaños indicados en el desarrollo.
- ✓ Una vez analizados los casos para el cliente más lejano y más cercano se puede notar que la mayor pérdida se encuentra en el splitter, luego por los conectores que se emplean, en tercer lugar la distancia del recorrido de cable y por último en las fusiones de los hilos de fibra, esto nos hace ver que en una red GPON no es tan importante la distancia del enlace, sino los conectores utilizados, es decir que se podría llegar a una mayor distancia disminuyendo la cantidad de conectores utilizados.
- ✓ La diferencia entre la utilización de un solo nivel de splitteo versus dos niveles de splitteo reside principalmente en la capacidad de expansión que se puede tener en el futuro en el área de diseño, es decir si se considera que se tendrá una gran proyección se puede realizar un doble splitteo instalando inicialmente lo suficiente para atender al sector y conforme pase el tiempo se puede ir instalando el segundo nivel de splitteo cubriendo las necesidades que se vayan presentando, esto a su vez no demandará una gran inversión inicial sino que la misma se irá apalancando conforme los clientes vayan solicitando servicios.
- ✓ Es muy importante al momento de elegir el tipo de fibra óptica a utilizar no solo revisar las mejores prestaciones, sino que en caso de utilizar varios tipos de fibra óptica dentro de una red comprobar que los mismos sean

interoperables entre sí, por ejemplo en este caso de estudio se utilizó la fibra óptica G.652-D con la G.657-A; para la red de dispersión existe la G.657B que da mayor flexibilidad dentro de la oficina del cliente, sin embargo la misma no trabaja de una manera óptima con la G.652D, esa es una de las razones por las cuales se escogió el tipo G.657A que a pesar de ser menos flexible presenta una excelente compatibilidad con la red de distribución.

- ✓ Al momento de elegir el tipo de cable a utilizar no solamente se debe pensar en los beneficios al momento de la instalación, sino que también en un futuro al realizar tareas de mantenimiento o reparación de los enlaces, el ejemplo más claro es el cable ADSS versus el cable figura 8, para el primer tipo en caso de requerir una reubicación de postería, reparación o mantenimiento del enlace basta con aflojar los preformados utilizados y se podrá intervenir en el enlace, mientras que al utilizar cable figura 8 el mensajero se daña en cada instalación y siempre se tendrá que reemplazar un tramo del cable así no esté roto.

8.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un análisis de los conectores y fusiones que se pueden disminuir y su relación con la distancia que se puede alcanzar realizando estos cambios.
- ✓ En el recorrido realizado se pudo evidenciar otro barrio que requería atención el cual es el barrio Barreiro Nuevo ubicado al oeste del barrio Barreiro Viejo, por lo cual se recomienda realizar un diseño similar al planteado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/tutorial%209%20lattanzi%20y%20graf-%20ieee.pdf>
- [2] Curso de Redes GPON con Normativa CNT E.P. Blue iT
- [3] <http://www.adslzone.net/adsl-faq.html>
- [4] <http://blogs.ua.es/teleco/tag/fibra-optica/>
- [5] http://www.academia.edu/11698457/GPON_Gigabit_Passive_Optical_Network
- [6] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4203/1/UPS-CT002595.pdf>
- [7] http://tecnologiahechapalabra.com/tecnologia/glosario_tecnico/articulo.asp?i=2686
- [8] http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_Caractersticas generalesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf
- [9] http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/los_rios.pdf
- [10] http://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=srchtrv&DocNm=TECP-96-181&DocType=Specification+or+Standard&DocLang=English&DocFilename=ENG_SS_TECP-96-181_A_TECP-96-181.pdf
- [11] http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_Caractersticas generalesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf
- [12] <http://www.c3comunicaciones.es/cables-para-tendido-aereo/>
- [13] <https://comunicacionesopticas.files.wordpress.com/2007/10/instalacion-fibra-optica.pptx>
- [14] Catálogo roseta óptica TC 1061/DS/1 05/09:
www.tycoelectronics.com/www.telecomosp.com

**10.1. ANEXO 1: CATÁLOGOS
(DATASHEET DE EQUIPAMIENTO
ACTIVO Y PASIVO)**

10.2. ANEXO 2: COTIZACIONES

10.3. ANEXO 3: RECOMENDACIÓN ITU-T G.984.1

10.4. ANEXO 4: CENSO POBLACIONAL 2010 BABAHOYO

10.5. ANEXO 5: NORMATIVA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA ODN

10.6. ANEXO 6: ARTÍCULO TÉCNICO